

Pomiar i wstępna analiza wartości składowych sił w procesie szlifowania ściernicą z nasypem z CBN

Measurement and initial analysis of force components during grinding with CBN grinding wheels

ANDRZEJ KAWALEC
ANNA BAZAN
MAREK KROK
MARCIN SAŁATA
IRENEUSZ PIOTR CHMIELIK *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.362

W artykule omówiono metodykę badań skupionych na wartościach sił w procesie szlifowania płaszczyzn ściernicą z nasypem z CBN ze spoiwem wytwarzanym metodą galwaniczną. Przedstawiono również wyniki wstępnej analizy wzajemnych relacji pomiędzy składowymi siłami szlifowania.

SŁOWA KLUCZOWE: siły szlifowania, ściernice z CBN, ściernice ze spoiwem galwanicznym

In the paper there is described the methodology of the research focused on the values of forces in the process of surface grinding with CBN electroplated grinding wheel. There are also presented the results of the initial analysis of the relationships between the grinding force components.

KEYWORDS: grinding forces, CBN grinding wheels, electroplated grinding wheels

W ostatnich latach w przemyśle lotniczym coraz częściej wykorzystuje się ściernice supertwarde, które zapewniają większą elastyczność w przypadku produkcji małoseryjnej [1]. Powoduje to rosnące znaczenie ściernic ze spoiwem nanoszonym metodą galwaniczną i nasypem cechującym się bardzo dużą twardością, np. z CBN. Ma to również swoje odzwierciedlenie w zainteresowaniu badaczy tymi ściernicami w kontekście obróbki materiałów stosowanych w przemyśle lotniczym [2÷6]. Jednymi z parametrów, które obserwuje się w celu pogłębienia wiedzy na temat konkretnego procesu szlifowania oraz wpływu poszczególnych parametrów nastawnych procesu, są składowe siły szlifowania [7÷9].

W artykule zaprezentowano wstępne wyniki badań dotyczące wartości składowych sił szlifowania ściernicami ze spoiwem nanoszonym metodą galwaniczną z nasypem z CBN.

Metodyka badań

Przedmiotem badań była ocena wybranych parametrów procesu szlifowania wykończeniowego powierzchni płaskich przedmiotów wykonanych ze stali wysokostopowej Pyrowear 53 w stanie utwardzonym (ok. 62 HRC) na wartościach sił szlifowania. Procesy szlifowania przeprowadzono na szlifierce do narzędzi Fortis firmy Deckel. Wykorzystano ściernicę stożkową (rys. 1) z nasypem z CBN o numerze

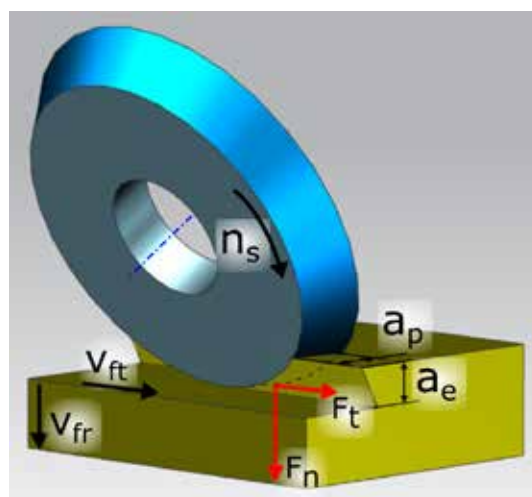
ziarna B64, ze spoiwem nanoszonym metodą galwaniczną. Maksymalna średnica ściernicy wynosiła $d = 100$ mm, kąt stożka $\alpha = 140^\circ$, szerokość nasypu z CBN mierzona wzdłuż tworzącej $b = 9,5$ mm. Topografia ściernicy wykorzystanej do badań została opisana w publikacji [10].

W przeprowadzonym eksperymencie za zmienne zależne przyjęto trzy parametry procesu szlifowania: prędkość szlifowania v_s , posuw f_t oraz głębokość szlifowania a_e (rys. 1). Szerokość szlifowania a_p wynosiła 9 mm. Stosowano chłodzenie olejem szlifierskim. Całkowity naddatek był mniejszy niż 0,2 mm, czyli głębokość, przy której następuje intensywny spadek twardości materiału obrabianego.

W programie JMP 12.1.0 opracowano plan eksperymentu oraz przeprowadzono jego analizę. Przyjęto plan kompozycyjny rotacyjny dla trzech zmiennych zależnych przyjmujących po pięć poziomów wartości. Parametry zmieniano w zakresach:

- prędkość skrawania: $v_s = 27,5 \div 36,5$ m/s,
- posuw: $f_t = 500 \div 5000$ mm/min,
- głębokość skrawania: $a_e = 5 \div 40$ μ m.

Prędkość skrawania v_s podano dla średniej wartości średnicy wynoszącej $d_{sr} = 91,5$ mm.



Rys. 1. Kinematyka szlifowania i siły składowe: n_s – prędkość obrotowa ściernicy, v_{ft} – prędkość posuwu stycznego, v_{fr} – prędkość posuwu promieniowego, a_p – szerokość szlifowania, a_e – głębokość szlifowania, F_n – składowa normalna siły szlifowania, F_t – składowa styczna siły szlifowania

Konfigurację stanowiska badawczego przedstawiono na rys. 2. Siły skrawania mierzono za pomocą dynamometru obrotowego Kistler 9123C, połączonego ze wzmacniaczem 5223B i kartą pomiarową NI USB-6009.

* Dr hab. inż. Andrzej Kawalec (ak@prz.edu.pl), mgr inż. Anna Bazan (abazan@prz.edu.pl), mgr inż. Marek Krok (mkrok@prz.edu.pl), mgr inż. Marcin Sałata (msalata@prz.edu.pl) – Politechnika Rzeszowska; dr inż. Ireneusz Piotr Chmielik (p.chmielik@taylor-hobson.pl) – Taylor Hobson Polska

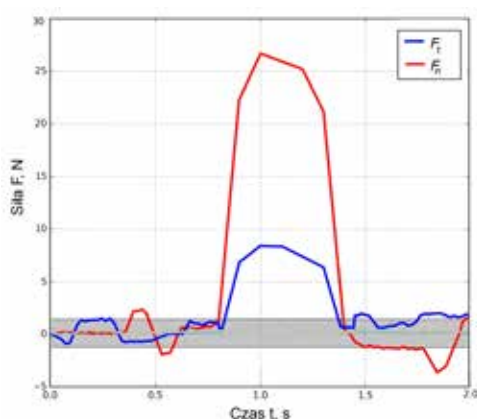
Rejestrację sygnałów prowadzono w programie LabVIEW Signal Express 2012 z częstotliwością próbkowania 5 kS/s. Do dalszego przetwarzania sygnałów, w tym wyznaczenia wartości siły stycznej i normalnej, wykorzystano środowisko programistyczne Python.



Rys. 2. Obszar roboczy z elementami stanowiska badawczego

Wyniki badań

Podczas szlifowania z różnymi parametrami nastawnymi składowa normalna F_n przyjmowała wartości z zakresu 7,2÷83,6 N, a składowa styczna F_t – z zakresu 0,1÷25,9 N. Przykład przebiegu wartości mierzonych składowych siły szlifowania przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Przebieg wartości składowych siły szlifowania dla parametrów obróbki: $v_s = 29$ m/s, $f_t = 4088$ mm/min, $a_e = 12$ μ m

Dla składowej normalnej i stycznej siły szlifowania wyznaczono współczynnik korelacji liniowej, który wynosił $r = 0,9853$ oraz współczynnik determinacji $R^2 = 0,97$.

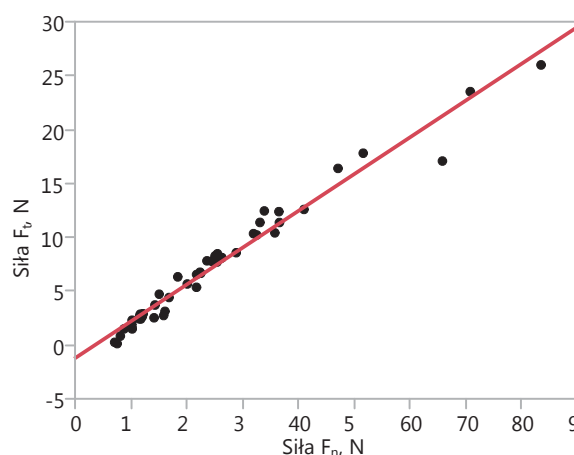
Wykres zależności pomiędzy F_t i F_n oraz prostą regresji zaprezentowano na rys. 4.

Równanie prostej regresji przedstawia wzór:

$$F_t = -1,340765 + 0,3415677 \times F_n$$

Wyznaczony model liniowy jest istotny statystycznie dla poziomu istotności $p < 0,0001$.

Współczynnik kierunkowy prostej regresji na wykresie zależności pomiędzy siłą styczną i normalną (rys. 4) jest równy współczynnikowi tarcia μ [3, 11]. Z równania wynika, że współczynnik tarcia w prowadzonych badaniach wynosił ok. $\mu = 0,34$. Mieścił się on w przedziale wartości współczynnika tarcia podczas szlifowania stali podawanego w literaturze: $\mu = 0,2 \div 0,4$ [11].



Rys. 4. Korelacja pomiędzy składowymi F_t i F_n

Podsumowanie

W artykule uwagę skupiono na zależnościach pomiędzy składowymi siły szlifowania mierzonymi podczas szlifowania płaszczyzn ściernicą z nasypem z CBN. Pomiedzy składową normalną i styczną siły szlifowania zachodzi bardzo silna dodatnia korelacja liniowa, o czym świadczy wartość współczynnika korelacji r bliska 1. Wskazuje to na poprawność wykonanych badań.

W dalszej kolejności planuje się przeprowadzenie badań dotyczących wpływu parametrów doprowadzenia chłodziwa na wartość współczynnika tarcia podczas szlifowania ściernicami jednowarstwowymi z nasypem z CBN.

LITERATURA

1. Klocke F., Soo S.L., Karpuschewski B., Webster J.A., Novovic D., Elfizy A. Axinte D.A., Tonissen S. "Abrasive machining of advanced aerospace alloys and composites". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 64, No. 1 (2015): pp. 581÷604.
2. You H., Ye P., Wang J., Deng X. "Design and application of CBN shape grinding wheel for gears". *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. Vol. 43, No. 12 (2003): pp. 1269÷1277.
3. Guo C., Shi Z., Attia H., McIntosh D. "Power and Wheel Wear for Grinding Nickel Alloy with Plated CBN Wheels". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 56, No. 1 (2007): pp. 343÷346.
4. Giff F., Force E., Misiolek W. "Mechanics of Loading for Electroplated Cubic Boron Nitride (CBN) Wheels During Grinding of a Nickel-Based Superalloy in Water-Based Lubricating Fluids". *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. Vol. 126, No. 4 (2004): pp. 795÷801.
5. Giff F., Misiolek W. "Fluid Performance Study for Groove Grinding a Nickel-Based Superalloy Using Electroplated Cubic Boron Nitride (CBN) Grinding Wheels". *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. Vol. 126, No. 3 (2004): pp. 451÷458.
6. Liu Q., Chen X., Gindy N. "Robust design and optimisation of aerospace alloy grinding by different abrasive wheels". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 39, No. 1 (2008): pp. 1125÷1135.
7. Hwang T.W., Malkin S., Evans C.J. "High Speed Grinding of Silicon Nitride With Electroplated Diamond Wheels, Part 1: Wear and Wheel Life". *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. Vol. 122, No. 1 (1999): pp. 32÷41.
8. Hwang T.W., Malkin S., Evans C.J. "High Speed Grinding of Silicon Nitride With Electroplated Diamond Wheels, Part 2: Wheel Topography and Grinding Mechanisms". *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. Vol. 122, No. 1 (1999): pp. 42÷50.
9. Shi Z., Malkin S. "An Investigation of Grinding with Electroplated CBN Wheels". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 52, No. 1 (2003): pp. 267÷270.
10. Bazan A., Kawalec A., Krok M., Chmielik I. "Analiza wybranych parametrów ziaren ściernic z CBN na podstawie pomiarów topografii". *XXXVII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej. Mechanik*. R. 87, z. 8–9 (2014): CD s. 49÷52.
11. Malkin S. "Grinding Technology: Theory and Applications of Machining with Abrasives". Ellis Horwood Ltd., 1989.